

PAT-NO: JP02001312593A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2001312593 A

TITLE: RISK CALCULATING SYSTEM AND METHOD  
THEREFOR

PUBLN-DATE: November 9, 2001

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
TATEYAMA, TAKAHARU	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
SUMITOMO CORP	N/A

APPL-NO: JP2000131212

APPL-DATE: April 28, 2000

INT-CL (IPC): G06F017/60, G06F017/18

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a risk calculating system of high reliability.

SOLUTION: The risk calculating system 10 comprises a correlating matrix calculating part 16 generating a correlating matrix which shows each correlation of plural risk factors including both of market risk factor and credit risk factor, a correlating random numbers vector calculator 22 calculating random numbers having correlation structure to each other by using the correlating matrix, a scenario generating part 30 generating a scenario

which simulates each value of plural risk factors after the lapse of a unit time by using the random numbers having correlation structure, a portfolio value calculator 34 calculating a simulated asset value which simulates asset value after the lapse of a unit time based on the scenario and a VaR calculator 36 calculating a VaR from the simulated asset value and present asset value.

COPYRIGHT: (C)2001,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-312593

(P2001-312593A)

(43) 公開日 平成13年11月9日(2001.11.9)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード(参考)
G 0 6 F 17/60	2 0 4	G 0 6 F 17/60	2 0 4 5 B 0 5 5
17/18		17/18	D 5 B 0 5 6

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2000-131212(P2000-131212)

(22) 出願日 平成12年4月28日(2000.4.28)

(71) 出願人 000002129

住友商事株式会社

東京都中央区晴海一丁目8番11号

(72) 発明者 塀山 隆治

埼玉県川口市本町3-2-7-603

(74) 代理人 100088155

弁理士 長谷川 芳樹 (外3名)

Fターム(参考) 5B055 CC10 EE04 EE05 EE21 EE27

JJ05 PA05 PA37

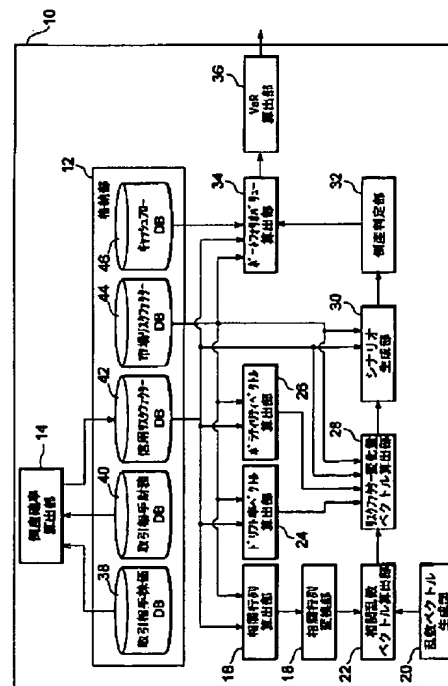
5B056 BB62 BB64

(54) 【発明の名称】 リスク算出システム及びリスク算出方法

(57) 【要約】

【課題】 信頼性の高いリスク算出システムを提供する。

【解決手段】 リスク算出システム10は、市場リスクファクターと信用リスクファクターとの双方を含む複数のリスクファクターそれぞれの相関を表す相関行列を生成する相関行列算出部16と、上記相関行列を用いて相関構造を有する乱数を算出する相関乱数ベクトル算出部22と、当該相関構造を有する乱数を用いて単位時間経過後の複数のリスクファクターそれぞれの値を模擬するシナリオを生成するシナリオ生成部30と、上記シナリオに基づいて単位時間経過後の資産価値を模擬する模擬資産価値を算出するポートフォリオバリュー算出部34と、上記模擬資産価値と現在の資産価値とからVaRを算出するVaR算出部36とを備えて構成される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 資産価値の変動に影響を与える複数のリスクファクターに基づいて、前記資産価値の変動のリスクを算出するリスク算出システムにおいて、前記複数のリスクファクターそれぞれの値の推移に基づいて、前記複数のリスクファクターそれぞれの相関に関する相関情報を生成する相関情報生成手段と、前記相関情報生成手段によって生成された前記相関情報に基づいて、単位時間経過後の前記複数のリスクファクターそれぞれの値を模擬するシナリオを生成するシナリオ生成手段と、前記シナリオ生成手段によって生成された前記シナリオに基づいて、前記単位時間経過後の資産価値を模擬する模擬資産価値を算出する模擬資産価値算出手段と、前記模擬資産価値算出手段によって算出された前記模擬資産価値と現在の資産価値とに基づいて、前記資産価値の変動のリスクを算出するリスク算出手段とを備え、前記複数のリスクファクターは、市場リスクに関する市場リスクファクターと信用リスクに関する信用リスクファクターとの双方を含んでいることを特徴とするリスク算出システム。

【請求項2】 前記信用リスクファクターには、取引相手の倒産確率に関する情報が含まれており、前記模擬資産価値算出手段は、前記倒産確率が一定のしきい値を越える取引相手に関して、当該取引相手が倒産した場合のキャッシュフローに関する情報を用いて当該取引相手との間の取引に基づく模擬資産価値を算出することを特徴とする請求項1に記載のリスク算出システム。

【請求項3】 資産価値の変動に影響を与える複数のリスクファクターに基づいて、前記資産価値の変動のリスクをコンピュータを用いて算出するリスク算出方法において、前記複数のリスクファクターそれぞれの値の推移に基づいて、前記複数のリスクファクターそれぞれの相関に関する相関情報を生成する相関情報生成ステップと、前記相関情報生成ステップにおいて生成された前記相関情報に基づいて、単位時間経過後の前記複数のリスクファクターそれぞれの値を模擬するシナリオを生成するシナリオ生成ステップと、前記シナリオ生成ステップにおいて生成された前記シナリオに基づいて、前記単位時間経過後の資産価値を模擬する模擬資産価値を算出する模擬資産価値算出ステップと、前記模擬資産価値算出ステップにおいて算出された前記模擬資産価値と現在の資産価値とに基づいて、前記資産価値の変動のリスクを算出するリスク算出ステップとを備え、前記複数のリスクファクターは、市場リスクに関する市場リスクファクターと信用リスク

に関する信用リスクファクターとの双方を含んでいることを特徴とするリスク算出方法。

【請求項4】 前記信用リスクファクターには、取引相手の倒産確率に関する情報が含まれており、前記模擬資産価値算出ステップは、前記倒産確率が一定のしきい値を越える取引相手に関して、当該取引相手が倒産した場合のキャッシュフローに関する情報を用いて当該取引相手との間の取引に基づく模擬資産価値を算出することを特徴とする請求項3に記載のリスク算出方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、資産価値の変動に影響を与える複数のリスクファクターに基づいて、資産価値の変動のリスクを算出するリスク算出システム及びリスク算出方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】日々変化する経済社会において、資産価値の変動のリスクを定量的に算出することは極めて重要である。資産価値の変動のリスクを定量的に算出する方法としては、例えば、木島正明編著「金融リスクの計量化 上 バリュ・アット・リスク」（社団法人金融財政事情研究会）に開示されたリスク算出方法が知られている。かかるリスク算出方法は、乱数によってリスクファクターを変動させたシナリオを生成し、当該シナリオに基づいた模擬資産価値を算出し、当該模擬資産価値と現在の資産価値との差に基づいて資産価値の変動のリスクであるVaR（バリュ・アット・リスク）を算出するものである。ここで、リスクファクターとしては、為替レート、株価指数、金利等の市場リスク（マーケットリスク）に関するリスクファクターが用いられており、上記算出されるVaRも、市場リスクに関するVaRである。また、近年の企業倒産件数の増大と相まって、倒産等により取引相手が債務を履行できなくなること等に起因する資産価値の変動のリスクである信用リスク（クレジットリスク）の定量的な算出も、上述と同様の方法によって行われている。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上記従来の技術にかかるリスク算出方法は、市場リスクあるいは信用リスクのいずれか一方を定量的に算出するものであるため、以下に示すような問題点があった。すなわち、現実の経済社会において資産は、市場リスクと信用リスクとの双方のリスクに曝されされている。従って、資産価値の変動のリスクを評価するためには、市場リスクあるいは信用リスクのいずれか一方を定量的に算出するのみでは不十分であり、市場リスクと信用リスクとの双方を統合した統合リスクを算出する必要がある。一方、市場リスクに影響を与える市場リスクファクターと信用リスクに影響を与える信用リスクファクターとは必ずしも独立

ではない(互いに相関を有する部分もある)ため、互いに独立に算出された市場リスクと信用リスクとを用いて(例えば市場リスクと信用リスクとを単純に加算して)信頼性の高い統合リスクを算出することは困難である。【0004】そこで、本発明は、上記問題点を解決し、信頼性の高い統合リスクを算出することができるリスク算出システム及びリスク算出方法を提供することを課題とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、本発明のリスク算出システムは、資産価値の変動に影響を与える複数のリスクファクターに基づいて、上記資産価値の変動のリスクを算出するリスク算出システムであって、上記複数のリスクファクターそれぞれの値の推移に基づいて、上記複数のリスクファクターそれぞれの相関に関する相関情報を生成する相関情報生成手段と、上記相関情報生成手段によって生成された上記相関情報に基づいて、単位時間経過後の上記複数のリスクファクターそれぞれの値を模擬するシナリオを生成するシナリオ生成手段と、上記シナリオ生成手段によって生成された上記シナリオに基づいて、上記単位時間経過後の資産価値を模擬する模擬資産価値を算出する模擬資産価値算出手段と、上記模擬資産価値算出手段によって算出された上記模擬資産価値と現在の資産価値とに基づいて、上記資産価値の変動のリスクを算出するリスク算出手段とを備え、上記複数のリスクファクターは、市場リスクに関する市場リスクファクターと信用リスクに関する信用リスクファクターとの双方を含んでいることを特徴としている。

【0006】市場リスクファクターと信用リスクファクターとの双方を含む複数のリスクファクターそれぞれの値の推移に基づいて相関情報を生成することで、当該相関情報に市場リスクファクターと信用リスクファクターとの相関に関する情報をも含ませることができる。また、当該相関情報に基づいてシナリオを生成することで、市場リスクファクターと信用リスクファクターとの相関を反映させたシナリオを生成することができる。また、当該シナリオに基づいて算出された模擬資産価値と現在の資産価値とに基づいて資産価値の変動のリスクを算出することで、市場リスクファクターと信用リスクファクターとの相関を考慮した統合リスクを算出することができる。

【0007】また、本発明のリスク算出システムにおいては、上記信用リスクファクターには、取引相手の倒産確率に関する情報が含まれており、上記模擬資産価値算出手段は、上記倒産確率が一定のしきい値を越える取引相手に関して、当該取引相手が倒産した場合のキャッシュフローに関する情報を用いて当該取引相手との間の取引に基づく模擬資産価値を算出することを特徴とすることが好適である。

【0008】取引相手が倒産した場合における当該取引相手との間のキャッシュフローは、当該取引相手が倒産していない場合における当該取引相手との間のキャッシュフローと比較して極端に異なる。従って、倒産確率が一定のしきい値を越える取引相手に関して、当該取引相手が倒産した場合のキャッシュフローに関する情報を用いて当該取引相手との間の取引に基づく模擬資産価値を算出することで、模擬資産価値の算出に当該取引相手が倒産した場合のキャッシュフローを反映させることができる。

【0009】また、上記課題を解決するために、本発明のリスク算出方法は、資産価値の変動に影響を与える複数のリスクファクターに基づいて、上記資産価値の変動のリスクをコンピュータを用いて算出するリスク算出方法であって、上記複数のリスクファクターそれぞれの値の推移に基づいて、上記複数のリスクファクターそれぞれの相関に関する相関情報を生成する相関情報生成ステップと、上記相関情報生成ステップにおいて生成された上記相関情報に基づいて、単位時間経過後の上記複数のリスクファクターそれぞれの値を模擬するシナリオを生成するシナリオ生成ステップと、上記シナリオ生成ステップにおいて生成された上記シナリオに基づいて、上記単位時間経過後の資産価値を模擬する模擬資産価値を算出する模擬資産価値算出ステップと、上記模擬資産価値算出ステップにおいて算出された上記模擬資産価値と現在の資産価値とに基づいて、上記資産価値の変動のリスクを算出するリスク算出ステップとを備え、上記複数のリスクファクターは、市場リスクに関する市場リスクファクターと信用リスクに関する信用リスクファクターとの双方を含んでいることを特徴としている。

【0010】市場リスクファクターと信用リスクファクターとの双方を含む複数のリスクファクターそれぞれの値の推移に基づいて相関情報を生成することで、当該相関情報に市場リスクファクターと信用リスクファクターとの相関に関する情報をも含ませることができる。また、当該相関情報に基づいてシナリオを生成することで、市場リスクファクターと信用リスクファクターとの相関を反映させたシナリオを生成することができる。また、当該シナリオに基づいて算出された模擬資産価値と現在の資産価値とに基づいて資産価値の変動のリスクを算出することで、市場リスクファクターと信用リスクファクターとの相関を考慮した統合リスクを算出することができる。

【0011】また、本発明のリスク算出方法においては、上記信用リスクファクターには、取引相手の倒産確率に関する情報が含まれており、上記模擬資産価値算出ステップは、上記倒産確率が一定のしきい値を越える取引相手に関して、当該取引相手が倒産した場合のキャッシュフローに関する情報を用いて当該取引相手との間の取引に基づく模擬資産価値を算出することを特徴とする

ことが好適である。

【0012】取引相手が倒産した場合における当該取引相手との間のキャッシュフローは、当該取引相手が倒産していない場合における当該取引相手との間のキャッシュフローと比較して極端に異なる。従って、倒産確率が一定のしきい値を越える取引相手に関して、当該取引相手が倒産した場合のキャッシュフローに関する情報を用いて当該取引相手との間の取引に基づく模擬資産価値を算出することで、模擬資産価値の算出に当該取引相手が倒産した場合のキャッシュフローを反映させることができる。

【0013】

【発明の実施の形態】本発明の実施形態にかかるリスク算出システムについて図面を参照して説明する。まず、本実施形態にかかるリスク算出システムの構成について説明する。図1は、本実施形態にかかるリスク算出システムの構成図である。

【0014】本実施形態にかかるリスク算出システム10は、資産価値の変動に影響を与える複数のリスクファクターに基づいて、上記資産価値の変動のリスクを算出するリスク算出システムであって、図1に示すように、格納部12、倒産確率算出部14、相関行列算出部16、相関行列変換部18、乱数ベクトル生成部20、相関乱数ベクトル算出部22、ドリフト率ベクトル算出部24、ボラティリティベクトル算出部26、リスクファクター変化量ベクトル算出部28、シナリオ生成部30、倒産判定部32、ポートフォリオバリュー算出部34、VaR算出部36を備えて構成される。

【0015】ここで、上記相関行列算出部16と相関行列変換部18とが、複数のリスクファクターそれぞれの値の推移に基づいて複数のリスクファクターそれぞれの相関に関する相関情報を生成する相関情報生成手段を構成する。また、乱数ベクトル生成部20と、相関乱数ベクトル算出部22と、ドリフト率ベクトル算出部24と、ボラティリティベクトル算出部26と、リスクファクター変化量ベクトル算出部28と、シナリオ生成部30とが、上記相関情報生成手段によって生成された相関情報に基づいて単位時間経過後の複数のリスクファクターそれぞれの値を模擬するシナリオを生成するシナリオ生成手段を構成する。また、倒産判定部32と、ポートフォリオバリュー算出部34とが、シナリオ生成手段によって生成されたシナリオに基づいて単位時間経過後の資産価値を模擬する模擬資産価値を算出する模擬資産価値算出手段を構成する。また、VaR算出部36が、模擬資産価値算出手段によって算出された模擬資産価値と現在の資産価値とに基づいて、資産価値の変動のリスクを算出するリスク算出手段を構成する。尚、リスク算出システム10は、物理的には、ハードディスク、RAM、ディスプレイ、キーボード、マウスなどを備えたパーソナルコンピュータやワークステーションなどによ

て構成される。以下、各構成要素について詳細に説明する。

【0016】格納部12は、取引相手株価データベース38と、取引相手財務データベース40と、信用リスクファクターデータベース42と、市場リスクファクターデータベース44と、キャッシュフローデータベース46とを格納する。

【0017】図2は、取引相手株価データベース38の構成図である。取引相手株価データベース38は、図2に示すように、複数の取引相手（例えば、A社、B社、C社など）それぞれの過去の株価の推移に関する情報を含んでいる。

【0018】図3は、取引相手財務データベース40の構成図である。取引相手財務データベース40は、図3に示すように、複数の取引相手（例えば、A社、B社、C社など）それぞれの財務状態に関する情報を含んでいる。財務状態に関する情報としては、例えば、損益計算書（P/L）やバランスシート（B/S）に記載される情報が該当する。

【0019】図4は、信用リスクファクターデータベース42の構成図である。信用リスクファクターデータベース42は、図4に示すように、複数の信用リスクファクターそれぞれの過去の推移に関する情報を含んでいる。ここで、信用リスクファクターとは、信用リスクに影響を与えるリスクファクターであって、例えば、取引相手の倒産確率などが該当する。すなわち、信用リスクファクターデータベース42は、例えば複数の取引相手（例えば、A社、B社、C社など）それぞれの過去の倒産確率の推移に関する情報を含んでいる。

【0020】図5は、市場リスクファクターデータベース44の構成図である。市場リスクファクターデータベース44は、図5に示すように、複数の市場リスクファクターそれぞれの過去の推移に関する情報を含んでいる。ここで、市場リスクファクターとは、市場リスクに影響を与えるリスクファクターであって、例えば、為替レート、株価指数、金利などが該当する。すなわち、市場リスクファクターデータベース44は、例えば為替レート、株価指数、金利などの過去の推移に関する情報を含んでいる。

【0021】図6は、キャッシュフローデータベース46の構成図である。キャッシュフローデータベース46は、図6に示すように、複数の取引相手（例えば、A社、B社、C社など）それぞれとの間のキャッシュフローに関する情報を含んでいる。キャッシュフローデータベース46は、より詳細には、取引相手が倒産しない状態（非倒産時）におけるキャッシュフローに関する情報と、取引相手が倒産した状態（倒産時）におけるキャッシュフローに関する情報との双方を含んでいる。ここで、非倒産時におけるキャッシュフローに関する情報には、売掛金、株式、社債などが含まれ、倒産時における

キャッシュフローに関する情報には、担保などが含まれる。

【0022】倒産確率算出部14は、格納部12に格納された取引相手株価データベース38に含まれる過去の株価の推移に関する情報と取引相手財務データベース40に含まれる財務状態に関する情報とを用いて、複数の取引相手それぞれの倒産確率を一定期間毎に算出する。倒産確率算出部14は、より具体的には、例えば森平爽一郎「倒産確率推定のオプション・アプローチ」（証券アナリストジャーナル97.10）などの方法を用いて、

倒産確率算出部14は、算出した複数の取引相手それぞれの倒産確率を、信用リスクファクターとして、格納部12の信用リスクファクターデータベース42に格納する。

【0023】相関行列算出部16は、複数のリスクファクターそれぞれの値の推移に基づいて複数のリスクファクターそれぞれの相関を示す相関行列C（相関に関する相関情報）を算出（生成）する。ここで、かかる複数のリスクファクターは、市場リスクに関する市場リスクファクターと信用リスクに関する信用リスクファクターとの双方を含んでいる。

【0024】より具体的には、相関行列算出部16は、まず、格納部12に格納された市場リスクファクターデータベース44に含まれる為替レート、株価指数、金利などの複数の市場リスクファクターそれぞれの値の推移に基づいて、当該複数の市場リスクファクターそれぞれの相関を示す市場リスクファクターの相関行列C<sub>a</sub>を算出する。ここで、市場リスクファクターの相関行列C<sub>a</sub>は、n個の市場リスクファクターのうちi番目の市場リスクファクターx<sub>ai</sub>とj番目の市場リスクファクターx<sub>aj</sub>との相関係数ρ<sub>aij</sub>（市場リスクファクターx<sub>ai</sub>とx<sub>aj</sub>との値の推移から計算される）を用いて、式（1）に示すように表される。ここで、市場リスクファクターの相関行列C<sub>a</sub>は、n行n列の正方行列になるとともに、対角要素がすべて1（任意のiについてρ<sub>aii</sub>=1）である対称行列（任意のi, jについてρ<sub>aij</sub>=ρ<sub>aji</sub>）となる。

【0025】

【数1】

$$C_a = \begin{bmatrix} \rho_{a11} & \rho_{a12} & \cdots & \rho_{a1n} \\ \rho_{a21} & \rho_{a22} & \cdots & \rho_{a2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \rho_{an1} & \rho_{an2} & \cdots & \rho_{ann} \end{bmatrix} \quad \cdots(1)$$

$\rho_{a ii} = 1$   
 $\rho_{a ij} = \rho_{a ji}$

10

【0026】相関行列算出部16は、また、格納部12に格納された信用リスクファクターデータベース42に含まれる複数の企業それぞれの倒産確率を示す複数の信用リスクファクターそれぞれの値の推移に基づいて、当該複数の信用リスクファクターそれぞれの相関を示す信用リスクファクターの相関行列C<sub>b</sub>を算出する。ここで、信用リスクファクターの相関行列C<sub>b</sub>は、m個の信用リスクファクターのうちi番目の信用リスクファクターx<sub>bi</sub>とj番目の信用リスクファクターx<sub>bj</sub>との相関係数ρ<sub>bij</sub>（信用リスクファクターx<sub>bi</sub>とx<sub>bj</sub>との値の推移から計算される）を用いて、式（2）に示すように表される。ここで、信用リスクファクターの相関行列C<sub>b</sub>は、m行m列の正方行列になるとともに、対角要素がすべて1（任意のiについてρ<sub>bii</sub>=1）である対称行列（任意のi, jについてρ<sub>bij</sub>=ρ<sub>bji</sub>）となる。

【0027】

【数2】

$$C_b = \begin{bmatrix} \rho_{b11} & \rho_{b12} & \cdots & \rho_{b1m} \\ \rho_{b21} & \rho_{b22} & \cdots & \rho_{b2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \rho_{bm1} & \rho_{bm2} & \cdots & \rho_{bmm} \end{bmatrix} \quad \cdots(2)$$

$\rho_{b ii} = 1$   
 $\rho_{b ij} = \rho_{b ji}$

30

【0028】相関行列算出部16は、また、格納部12に格納された信用リスクファクターデータベース42に含まれる信用リスクファクターそれぞれの値の推移と市場リスクファクターデータベース44に含まれる市場リスクファクターそれぞれの値の推移とに基づいて、当該複数の信用リスクファクターそれぞれと複数の市場リスクファクターそれぞれの相関を示す市場リスクファクターと信用リスクファクターとの相関行列C<sub>c</sub>を算出する。ここで、市場リスクファクターと信用リスクファクターとの相関行列C<sub>c</sub>は、n個の市場リスクファクターのうちi番目の市場リスクファクターx<sub>ai</sub>とm個の信用リスクファクターのうちj番目の信用リスクファクターx<sub>bj</sub>との相関係数ρ<sub>cij</sub>（市場リスクファクターx<sub>ai</sub>と信用リスクファクターx<sub>bj</sub>との値の推移から計算される）を用いて、式（3）に示すように表される。ここで、市場リスクファクターと信用リスクファクターとの相関行列C<sub>c</sub>は、n行m列の行列になる。

【0029】

【数3】

50

$$C_c = \begin{bmatrix} \rho_{c11} & \rho_{c12} & \cdots & \rho_{c1m} \\ \rho_{c21} & \rho_{c22} & \cdots & \rho_{c2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \rho_{cn1} & \rho_{cn2} & \cdots & \rho_{cnm} \end{bmatrix} \quad \cdots(3)$$

【0030】相関行列算出部16は、また、市場リスクファクターの相関行列 $C_a$ と、信用リスクファクターの相関行列 $C_b$ と、市場リスクファクターと信用リスクファクターとの相関行列 $C_c$ とに基づいて、リスクファクターの相関行列 $C$ を算出する。リスクファクターの相関行列 $C$ は、市場リスクファクターの相関行列 $C_a$ と、信用リスクファクターの相関行列 $C_b$ と、市場リスクファクターと信用リスクファクターとの相関行列 $C_c$ とを用いて、式(4)に示すように表される。ここで、リスクファクターの相関行列 $C$ は、 $n+m$ 行 $n+m$ 列の正方行列となる。尚、 $C_c^t$ は、市場リスクファクターと信用リスクファクターとの相関行列 $C_c$ の転置行列であり、 $m$ 行 $n$ 列の行列となる。

【0031】

【数4】

$$C = \begin{bmatrix} C_a & C_c \\ C_c^t & C_b \end{bmatrix} \quad \cdots(4)$$

標準正規乱数ベクトル $e =$

\*【0032】相関行列変換部18は、相関行列算出部16によって算出されたリスクファクターの相関行列 $C$ を修正コレスキー分解することによって、下三角行列に変換する。かかる下三角行列への変換は、単にその後の計算の便宜のために行うものあり、変換後の下三角行列にも、上記複数のリスクファクターそれぞれの相関を示す情報は維持される。よって、以下、変換後の下三角行列をリスクファクターの相関行列 $C'$ と表現する。

【0033】乱数ベクトル生成部20は、上記市場リスクファクターの個数と信用リスクファクターの個数との和の数である $n+m$ 個の一樣乱数(正確には疑似乱数)を生成し、当該 $n+m$ 個の一樣乱数から、互いに独立な標準正規乱数 $e_i$  ( $1 \leq i \leq n+m$ )を生成する。乱数ベクトル生成部20は、また、当該 $n+m$ 個の標準正規乱数 $e_i$ を配列した標準正規乱数ベクトル $e$ を生成する。かかる標準正規乱数ベクトル $e$ は、式(5)で示されるように、 $n+m$ 個の要素を有する列ベクトルとなる。

【0034】

【数5】

$$e = \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ \vdots \\ e_{n+m} \end{bmatrix} \quad \cdots(5)$$

【0035】相関乱数ベクトル算出部22は、相関行列変換部18によって変換されたリスクファクターの相関行列 $C'$ と、乱数ベクトル生成部20によって生成された標準正規乱数ベクトル $e$ とを用いて、互いに相関構造を有する $n+m$ 個の正規乱数 $e'_i$  ( $1 \leq i \leq n+m$ )を配列した相関構造を有する正規乱数ベクトル $e'$ を算出する。

相関構造を有する正規乱数ベクトル $e'$ は、式(6)を用いて算出される。ここで、相関構造を有する正規乱数ベクトル $e'$ は、式(6)で表されるように、 $n+m$ 個の要素を有する列ベクトルとなる。

【0036】

【数6】



相関構造を有する  
正規乱数ベクトル $e'$  =

$$\begin{bmatrix} e'_1 \\ e'_2 \\ \vdots \\ e'_{m+n} \end{bmatrix} = C'e \quad \dots(6)$$

【0037】ここで、相関構造を有する正規乱数ベクトル $e'$ の要素 $e'_1 \sim e'_n$ はそれぞれ、 $n$ 個の市場リスクファクター $x_{a1} \sim x_{an}$ の変化率を模擬（シミュレート）するものであり、相関構造を有する正規乱数ベクトル $e'$ の要素 $e'_{n+1} \sim e'_{n+m}$ はそれぞれ、 $m$ 個の信用リスクファクター $x_{b1} \sim x_{bm}$ の変化率を模擬するものである。

【0038】ドリフト率ベクトル算出部24は、市場リスクファクターと信用リスクファクターとを含む複数のリスクファクターそれぞれの値の推移に基づいて、ドリフト率ベクトルを算出する。より具体的には、ドリフト率ベクトル算出部24は、まず、格納部12に格納された市場リスクファクターデータベース44に含まれる $n$ 個の市場リスクファクターそれぞれについて、その値の一定期間における変動率の平均値を算出し、当該平均値をその市場リスクファクターのドリフト率とする。ドリフト率ベクトル算出部24は、また、格納部12に格納\*

\*された信用リスクファクターデータベース42に含まれる $m$ 個の信用リスクファクターそれぞれについて、その値の一定期間における変動率の平均値を算出し、当該平均値をその信用リスクファクターのドリフト率とする。ドリフト率ベクトル算出部24は、さらに、上記算出された $n$ 個の市場リスクファクターそれぞれのドリフト率と $m$ 個の信用リスクファクターそれぞれのドリフト率とを配列することによってドリフト率ベクトルを算出する。ドリフト率ベクトル $\mu$ は、 $n$ 個の市場リスクファクター $x_{a1} \sim x_{an}$ それぞれのドリフト率 $\mu_{a1} \sim \mu_{an}$ と $m$ 個の信用リスクファクター $x_{b1} \sim x_{bm}$ それぞれのドリフト率 $\mu_{b1} \sim \mu_{bm}$ とを用いて、式(7)に示すように表される。ここで、ドリフト率ベクトル $\mu$ は、式(7)に示すように、 $n+m$ 個の要素を有する列ベクトルとなる。

【0039】

【数7】

ドリフト率ベクトル $\mu$  =

$$\begin{bmatrix} \mu_{a1} \\ \vdots \\ \mu_{an} \\ \mu_{b1} \\ \vdots \\ \mu_{bm} \end{bmatrix} \quad \dots(7)$$

【0040】ボラティリティベクトル算出部26は、市場リスクファクターと信用リスクファクターとを含む複数のリスクファクターそれぞれの値の推移に基づいて、ボラティリティベクトルを算出する。より具体的には、ボラティリティベクトル算出部26は、まず、格納部12に格納された市場リスクファクターデータベース44に含まれる $n$ 個の市場リスクファクターそれぞれについて、その値の一定期間における標準偏差を算出し、当該標準偏差をその市場リスクファクターのボラティリティとする。ボラティリティベクトル算出部26は、また、格納部12に格納された信用リスクファクターデータベース42に含まれる $m$ 個の信用リスクファクターそれぞれについて、その値の一定期間における標準偏差を算出し、当該標準偏差をその信用リスクファクターのボラテ※

※ィリティとする。ボラティリティベクトル算出部26は、さらに、上記算出された $n$ 個の市場リスクファクターそれぞれのボラティリティと $m$ 個の信用リスクファクターそれぞれのボラティリティとを配列することによってボラティリティベクトルを算出する。ボラティリティベクトル $\sigma$ は、 $n$ 個の市場リスクファクター $x_{a1} \sim x_{an}$ それぞれのボラティリティ $\sigma_{a1} \sim \sigma_{an}$ と $m$ 個の信用リスクファクター $x_{b1} \sim x_{bm}$ それぞれのボラティリティ $\sigma_{b1} \sim \sigma_{bm}$ とを用いて、式(8)に示すように表される。ここで、ボラティリティベクトル $\sigma$ は、式(8)に示すように、 $n+m$ 個の要素を有する列ベクトルとなる。

【0041】

【数8】

ボラティリティベクトル  $\sigma =$ 

$$\begin{bmatrix} \sigma_{a1} \\ \vdots \\ \sigma_{an} \\ \sigma_{b1} \\ \vdots \\ \sigma_{bm} \end{bmatrix}$$

…(8)

【0042】リスクファクター変化量ベクトル算出部28は、相関乱数ベクトル算出部22によって算出された相関構造を有する正規乱数ベクトル $e'$ と、ドリフト率ベクトル算出部24によって算出されたドリフト率ベクトル $\mu$ と、ボラティリティベクトル算出部26によって算出されたボラティリティベクトル $\sigma$ とに基づいて、複数のリスクファクターそれぞれの変化量を示すリスクファクター変化量ベクトルを算出する。リスクファクター変化量ベクトル算出部28は、まず、格納部12に格納された市場リスクファクターデータベース44と信用リスクファクターデータベース42とを参照し、 $n$ 個の市\*

\* 場リスクファクター $x_{a1} \sim x_{an}$ それぞれの時刻 $t$ における値（現在値）である $x_{a1}(t) \sim x_{an}(t)$ と $m$ 個の信用リスクファクター $x_{b1} \sim x_{bm}$ それぞれの時刻 $t$ における値（現在値）である $x_{b1}(t) \sim x_{bm}(t)$ とを配列したリスクファクター現在値ベクトル $x(t)$ を算出する。当該リスクファクター現在値ベクトル $x(t)$ は、式(9)に示すように、 $n+m$ 個の要素を有する列ベクトルとなる。

【0043】

【数9】

リスクファクター  
現在値ベクトル  $x(t) =$ 

$$\begin{bmatrix} x_{a1}(t) \\ \vdots \\ x_{an}(t) \\ x_{b1}(t) \\ \vdots \\ x_{bm}(t) \end{bmatrix}$$

…(9)

【0044】リスクファクター変化量ベクトル算出部28は、さらに、上記相関構造を有する正規乱数ベクトル $e'$ 、ドリフト率ベクトル $\mu$ 、ボラティリティベクトル $\sigma$ 、リスクファクター現在値ベクトル $x(t)$ 、及び、単位時間 $dt$ （例えば6ヶ月、1年等のある一定の時間）を用いて、式(10)により、リスクファクター変化量ベクトル $dx(t)$ を算出する。リスクファクター変化量ベクトル $dx(t)$ は、時刻 $t \sim t+dt$ の間に※

※おける $n$ 個の市場リスクファクター $x_{a1} \sim x_{an}$ それぞれの変化量 $dx_{a1}(t) \sim dx_{an}(t)$ と、時刻 $t \sim t+dt$ の間における $m$ 個の信用リスクファクター $x_{b1} \sim x_{bm}$ それぞれの変化量 $dx_{b1}(t) \sim dx_{bm}(t)$ とを配列した構成となっており、式(10)に示すように、 $n+m$ 個の要素を有する列ベクトルとなる。

【0045】

【数10】

リスクファクター  
変化量ベクトル  $dx(t) =$ 

$$\begin{bmatrix} dx_{a1}(t) \\ \vdots \\ dx_{an}(t) \\ dx_{b1}(t) \\ \vdots \\ dx_{bm}(t) \end{bmatrix}$$

$$= Mx(t)dt + \sum E x(t) \sqrt{dt}$$

…(10)

【0046】ここで、 $M$ は、式(11)に示すように、ドリフト率ベクトル $\mu$ の要素 $\mu_{a1} \sim \mu_{an}$ と $\mu_{b1} \sim \mu_{bm}$ とのそれぞれを対角成分に有する $n+m$ 行 $n+m$ 列の対角★

★行列である。

【0047】

【数11】

$$M = \begin{bmatrix} \mu_{a1} & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ 0 & \mu_{a2} & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & \mu_{an} & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \cdots & 0 & \mu_{b1} & \cdots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & \mu_{bm-1} & 0 \\ 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 & \mu_{bm} \end{bmatrix} \quad \cdots(11)$$

【0048】また、 $\Sigma$ は、式(12)に示すように、ボ \*角行列である。  
ラティリティベクトル $\sigma$ の要素 $\sigma_{a1} \sim \sigma_{an}$ と $\sigma_{b1} \sim \sigma_{bm}$  10 【0049】  
とのそれぞれを対角成分に有する $n+m$ 行 $n+m$ 列の対\* 【数12】

$$\Sigma = \begin{bmatrix} \sigma_{a1} & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_{a2} & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & \sigma_{an} & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \cdots & 0 & \sigma_{b1} & \cdots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & \sigma_{bm-1} & 0 \\ 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 & \sigma_{bm} \end{bmatrix} \quad \cdots(12)$$

【0050】また、 $E$ は、式(13)に示すように、相  
関構造を有する正規乱数ベクトル $e'$ の要素 $e'_1 \sim$   
 $e'_{n+m}$ それぞれを対角成分に有する $n+m$ 行 $n+m$ 列  
の対角行列である。

【0051】

【数13】

$$E = \begin{bmatrix} e'_1 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ 0 & e'_2 & \cdots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & e'_{m+n-1} & 0 \\ 0 & 0 & \cdots & 0 & e'_{m+n} \end{bmatrix} \quad \cdots(13)$$

【0052】シナリオ生成部30は、リスクファクター  
変化量ベクトル算出部28によって算出されたリスク  
ファクター現在値ベクトル $x(t)$ とリスクファクター変  
化量ベクトル $dx(t)$ とを用いて、リスクファクター※

$$x(t+dt) = \begin{bmatrix} x_{a1}(t+dt) \\ \vdots \\ x_{an}(t+dt) \\ x_{b1}(t+dt) \\ \vdots \\ x_{bm}(t+dt) \end{bmatrix} = x(t) + dx(t) \quad \cdots(14)$$

【0054】倒産判定部32は、シナリオ生成部30に  
よって生成されたシナリオ、すなわち、シナリオ生成部  
30によって算出されたリスクファクター将来値ベクト  
ル $x(t+dt)$ に基づいて、取引相手の倒産判定を行  
う。より詳細には、倒産判定部32は、取引相手の倒産  
確率を表している $m$ 個の信用リスクファクター $x_{b1} \sim x_{bm}$   
それぞれの時刻 $t+dt$ における値(将来値)である  
 $x_{b1}(t+dt) \sim x_{bm}(t+dt)$ それぞれと予め定★50

20※将来値ベクトル $x(t+dt)$ を算出する。当該リス  
クファクター将来値ベクトル $x(t+dt)$ が、単位時間  
 $dt$ 経過後の複数のリスクファクターそれぞれの値を模  
擬するシナリオとなる。シナリオ生成部30は、より具  
体的には、式(14)を用いて、 $n$ 個の市場リスクファ  
クター $x_{a1} \sim x_{an}$ それぞれの時刻 $t+dt$ における値  
(将来値)である $x_{a1}(t+dt) \sim x_{an}(t+dt)$   
と $m$ 個の信用リスクファクター $x_{b1} \sim x_{bm}$ それぞれの時  
刻 $t+dt$ における値(将来値)である $x_{b1}(t+dt) \sim x_{bm}(t+dt)$   
とを配列したリスクファクター  
30 将来値ベクトル $x(t+dt)$ を算出する。当該リス  
クファクター将来値ベクトル $x(t+dt)$ は、式(1  
4)に示すように、 $n+m$ 個の要素を有する列ベクトル  
となる。

【0053】

【数14】

★められた一定のしきい値(例えば0.7)とを比較し、  
倒産確率が上記一定のしきい値を越える取引相手は倒産  
するものと判定する。

【0055】ポートフォリオバリュー算出部34は、シ  
ナリオ生成部30によって生成されたシナリオ、すなわ  
ち、シナリオ生成部30によって算出されたリスクファ  
クター将来値ベクトル $x(t+dt)$ と格納部12に格  
納されたキャッシュフローデータベース46に含まれる

キャッシュフローに関する情報とに基づいて、単位時間  $\Delta t$  経過後の資産価値を模擬する模擬資産価値を算出する。ここで、ポートフォリオバリュエーション算出部34は、倒産判定部32によって倒産すると判定された取引相手との間の取引に基づく模擬資産価値を算出するに際しては、キャッシュフローデータベース46に含まれるキャッシュフローに関する情報のうち、倒産時におけるキャッシュフローに関する情報を用いて当該取引相手との間の取引に基づく模擬資産価値を算出する。一方、ポートフォリオバリュエーション算出部34は、倒産判定部32によって倒産すると判定されなかった取引相手との間の取引に基づく模擬資産価値を算出するに際しては、キャッシュフローデータベース46に含まれるキャッシュフローに関する情報のうち、非倒産時におけるキャッシュフローに関する情報を用いて当該取引相手との間の取引に基づく模擬資産価値を算出する。ポートフォリオバリュエーション算出部34は、また、リスクファクター現在値ベクトル  $x(t)$  とキャッシュフローデータベース46に含まれるキャッシュフローに関する情報とを用いて、現在の資産価値を算出する。

【0056】VaR算出部36は、ポートフォリオバリュエーション算出部34によって算出された模擬資産価値と現在の資産価値とに基づいて、資産価値の変動のリスクを表すVaRを算出する。より詳細には、乱数ベクトル生成部20、相関乱数ベクトル算出部22、リスクファクター変化量ベクトル算出部28、シナリオ生成部30、倒産判定部32、ポートフォリオバリュエーション算出部34の動作によって算出された複数（例えば100万個）の模擬資産価値（正確には、現在価値に換算したもの）それぞれと現在の資産価値との差を算出し、VaRを算出する。

【0057】続いて、本実施形態にかかるリスク算出システムの動作について説明し、併せて本発明の実施形態にかかるリスク算出方法について説明する。本実施形態にかかるリスク算出システム10を動作させるには、まず、格納部12に、取引相手株価データベース38と、取引相手財務データベース40と、信用リスクファクターデータベース42と、市場リスクファクターデータベース44と、キャッシュフローデータベース46とを格納する（S10）。

【0058】取引相手株価データベース38は、図2に示すように、複数の取引相手（例えば、A社、B社、C社など）それぞれの過去の株価の推移に関する情報を含んでいる。

【0059】取引相手財務データベース40は、図3に示すように、複数の取引相手（例えば、A社、B社、C社など）それぞれの財務状態に関する情報を含んでいる。財務状態に関する情報としては、例えば、損益計算書（P/L）やバランスシート（B/S）に記載される情報が該当する。

【0060】信用リスクファクターデータベース42は、図4に示すように、複数の信用リスクファクターそれぞれの過去の推移に関する情報を含んでいる。ここで、信用リスクファクターとしては、例えば複数の取引相手（例えば、A社、B社、C社など）それぞれの過去の倒産確率の推移に関する情報が該当する。

【0061】ここで、上記複数の取引相手それぞれの倒産確率は、格納部12に格納された取引相手株価データベース38に含まれる過去の株価の推移に関する情報と取引相手財務データベース40に含まれる財務状態に関する情報とに基づいて、倒産確率算出部14により、一定期間毎に算出され、上記信用リスクファクターデータベース42に格納される。

【0062】市場リスクファクターデータベース44は、図5に示すように、複数の市場リスクファクターそれぞれの過去の推移に関する情報を含んでいる。ここで、市場リスクファクターとしては、例えば、為替レート、株価指数、金利などが該当する。キャッシュフローデータベース46は、図6に示すように、複数の取引相手（例えば、A社、B社、C社など）それぞれとの間のキャッシュフローに関する情報を含んでいる。キャッシュフローデータベース46は、より詳細には、取引相手が倒産しない状態（非倒産時）におけるキャッシュフローに関する情報と、取引相手が倒産した状態（倒産時）におけるキャッシュフローに関する情報との双方を含んでいる。ここで、非倒産時におけるキャッシュフローに関する情報には、売掛金、株式、社債などが含まれ、倒産時におけるキャッシュフローに関する情報には、担保などが含まれる。

【0063】格納部12に、信用リスクファクターデータベース42と市場リスクファクターデータベース44とが格納されると、相関行列算出部16により、複数のリスクファクターそれぞれの値の推移に基づいて複数のリスクファクターそれぞれの相関を示す相関行列Cが算出（生成）される。（S12）。ここで、かかる複数のリスクファクターは、市場リスクに関する市場リスクファクターと信用リスクに関する信用リスクファクターとの双方が含まれる。

【0064】より具体的には、まず、格納部12に格納された市場リスクファクターデータベース44に含まれる為替レート、株価指数、金利などの複数の市場リスクファクターそれぞれの値の推移に基づいて、当該複数の市場リスクファクターそれぞれの相関を示す市場リスクファクターの相関行列C<sub>a</sub>が算出される。ここで、市場リスクファクターの相関行列C<sub>a</sub>は、n個の市場リスクファクターのうちi番目の市場リスクファクター  $x_{ai}$  とj番目の市場リスクファクター  $x_{aj}$  との相関係数  $\rho_{aij}$ （市場リスクファクター  $x_{ai}$  と  $x_{aj}$  との値の推移から計算される）を用いて、上記式（1）に示すように表される。ここで、市場リスクファクターの相関行列C<sub>a</sub>は、

$n$ 行 $n$ 列の正方向行列になるとともに、対角要素がすべて1（任意の $i$ について $\rho_{a ii}=1$ ）である対称行列（任意の $i, j$ について $\rho_{a ij}=\rho_{a ji}$ ）となる。

【0065】続いて、格納部12に格納された信用リスクファクターデータベース42に含まれる複数の企業それぞれの倒産確率を示す複数の信用リスクファクターそれぞれの値の推移に基づいて、当該複数の信用リスクファクターそれぞれの相関を示す信用リスクファクターの相関行列 $C_b$ が算出される。ここで、信用リスクファクターの相関行列 $C_b$ は、 $m$ 個の信用リスクファクターのうち $i$ 番目の信用リスクファクター $x_{bi}$ と $j$ 番目の信用リスクファクター $x_{bj}$ との相関係数 $\rho_{bij}$ （信用リスクファクター $x_{bi}$ と $x_{bj}$ との値の推移から計算される）を用いて、上記式（2）に示すように表される。ここで、信用リスクファクターの相関行列 $C_b$ は、 $m$ 行 $m$ 列の正方向行列になるとともに、対角要素がすべて1（任意の $i$ について $\rho_{b ii}=1$ ）である対称行列（任意の $i, j$ について $\rho_{b ij}=\rho_{b ji}$ ）となる。

【0066】さらに、格納部12に格納された信用リスクファクターデータベース42に含まれる信用リスクファクターそれぞれの値の推移と市場リスクファクターデータベース44に含まれる市場リスクファクターそれぞれの値の推移とに基づいて、当該複数の信用リスクファクターそれぞれと複数の市場リスクファクターそれぞれとの相関を示す市場リスクファクターと信用リスクファクターとの相関行列 $C_c$ が算出される。ここで、市場リスクファクターと信用リスクファクターとの相関行列 $C_c$ は、 $n$ 個の市場リスクファクターのうち $i$ 番目の市場リスクファクター $x_{ai}$ と $m$ 個の信用リスクファクターのうち $j$ 番目の信用リスクファクター $x_{bj}$ との相関係数 $\rho_{cij}$ （市場リスクファクター $x_{ai}$ と信用リスクファクター $x_{bj}$ との値の推移から計算される）を用いて、上記式（3）に示すように表される。ここで、市場リスクファクターと信用リスクファクターとの相関行列 $C_c$ は、 $n$ 行 $m$ 列の行列になる。

【0067】その後、市場リスクファクターの相関行列 $C_a$ と、信用リスクファクターの相関行列 $C_b$ と、市場リスクファクターと信用リスクファクターとの相関行列 $C_c$ とに基づいて、リスクファクターの相関行列 $C$ が算出される。リスクファクターの相関行列 $C$ は、市場リスクファクターの相関行列 $C_a$ と、信用リスクファクターの相関行列 $C_b$ と、市場リスクファクターと信用リスクファクターとの相関行列 $C_c$ とを用いて、上記式（4）に示すように表される。ここで、リスクファクターの相関行列 $C$ は、 $n+m$ 行 $n+m$ 列の正方向行列となる。尚、 $C$ は、市場リスクファクターと信用リスクファクターとの相関行列 $C_c$ の転置行列であり、 $m$ 行 $n$ 列の行列となる。

【0068】格納部12に、信用リスクファクターデータベース42と市場リスクファクターデータベース44

とが格納されると、また、ドリフト率ベクトル算出部24により、市場リスクファクターと信用リスクファクターとを含む複数のリスクファクターそれぞれの値の推移に基づいて、ドリフト率ベクトルが算出される（S14）。より具体的には、まず、格納部12に格納された市場リスクファクターデータベース44に含まれる $n$ 個の市場リスクファクターそれぞれについて、その値の一定期間における変動率の平均値が算出され、当該平均値がその市場リスクファクターのドリフト率とされる。同様に、格納部12に格納された信用リスクファクターデータベース42に含まれる $m$ 個の信用リスクファクターそれぞれについて、その値の一定期間における変動率の平均値が算出され、当該平均値がその信用リスクファクターのドリフト率とされる。さらに、ドリフト率ベクトル算出部24により、上記算出された $n$ 個の市場リスクファクターそれぞれのドリフト率と $m$ 個の信用リスクファクターそれぞれのドリフト率とが配列され、ドリフト率ベクトルが算出される。ドリフト率ベクトル $\mu$ は、 $n$ 個の市場リスクファクター $x_{a1} \sim x_{an}$ それぞれのドリフト率 $\mu_{a1} \sim \mu_{an}$ と $m$ 個の信用リスクファクター $x_{b1} \sim x_{bm}$ それぞれのドリフト率 $\mu_{b1} \sim \mu_{bm}$ とを用いて、上記式（7）に示すように表される。ここで、ドリフト率ベクトル $\mu$ は、上記式（7）に示すように、 $n+m$ 個の要素を有する列ベクトルとなる。

【0069】格納部12に、信用リスクファクターデータベース42と市場リスクファクターデータベース44とが格納されると、また、ボラティリティベクトル算出部26により、市場リスクファクターと信用リスクファクターとを含む複数のリスクファクターそれぞれの値の推移に基づいて、ボラティリティベクトルが算出される（S16）。より具体的には、まず、格納部12に格納された市場リスクファクターデータベース44に含まれる $n$ 個の市場リスクファクターそれぞれについて、その値の一定期間における標準偏差が算出され、当該標準偏差がその市場リスクファクターのボラティリティとされる。同様に、格納部12に格納された信用リスクファクターデータベース42に含まれる $m$ 個の信用リスクファクターそれぞれについて、その値の一定期間における標準偏差が算出され、当該標準偏差がその信用リスクファクターのボラティリティとされる。さらに、ボラティリティベクトル算出部26により、上記算出された $n$ 個の市場リスクファクターそれぞれのボラティリティと $m$ 個の信用リスクファクターそれぞれのボラティリティとが配列され、ボラティリティベクトルが算出される。ボラティリティベクトル $\sigma$ は、 $n$ 個の市場リスクファクター $x_{a1} \sim x_{an}$ それぞれのボラティリティ $\sigma_{a1} \sim \sigma_{an}$ と $m$ 個の信用リスクファクター $x_{b1} \sim x_{bm}$ それぞれのボラティリティ $\sigma_{b1} \sim \sigma_{bm}$ とを用いて、上記式（8）に示すように表される。ここで、ボラティリティベクトル $\sigma$ は、上記式（8）に示すように、 $n+m$ 個の要素を有する列ベ

クトルとなる。

【0070】相関行列算出部16によって相関行列Cが算出されると、当該相関行列Cは、相関行列変換部18によって修正コレスキー分解され、下三角行列に変換される(S18)。かかる下三角行列への変換は、単にその後の計算の便宜のために行うものあり、変換後の下三角行列にも、上記複数のリスクファクターそれぞれの相関を示す情報は維持される。よって、以下、変換後の下三角行列をリスクファクターの相関行列C'と表現する。

【0071】相関行列変換部18によって上記リスクファクターの相関行列C'が算出されると、モンテカルロ法による模擬資産価値の算出が行われる。まず、乱数ベクトル生成部20により、上記市場リスクファクターの個数と信用リスクファクターの個数との和の数であるn+m個の1様乱数(正確には疑似乱数)が生成され、当該n+m個の1様乱数から、互いに独立な標準正規乱数 $e_i$  ( $1 \leq i \leq n+m$ )が生成される。生成された標準正規乱数 $e_i$  ( $1 \leq i \leq n+m$ )は、乱数ベクトル生成部20によって配列され、当該n+m個の標準正規乱数 $e_i$ を配列した標準正規乱数ベクトル $e$ が生成される(S20)。かかる標準正規乱数ベクトル $e$ は、上記式(5)で示されるように、n+m個の要素を有する列ベクトルとなる。

【0072】乱数ベクトル生成部20によって標準正規乱数ベクトル $e$ が生成されると、相関乱数ベクトル算出部22により、相関行列変換部18によって変換されたリスクファクターの相関行列C'と、乱数ベクトル生成部20によって生成された標準正規乱数ベクトル $e$ とが用いられ、互いに相関構造を有するn+m個の正規乱数 $e'_i$  ( $1 \leq i \leq n+m$ )を配列した相関構造を有する正規乱数ベクトル $e'$ が算出される(S22)。相関構造を有する正規乱数ベクトル $e'$ は、上記式(6)を用いて算出される。ここで、相関構造を有する正規乱数ベクトル $e'$ は、上記式(6)で表されるように、n+m個の要素を有する列ベクトルとなる。ここで、相関構造を有する正規乱数ベクトル $e'$ の要素 $e'_1 \sim e'_n$ はそれぞれ、n個の市場リスクファクター $x_{a1} \sim x_{an}$ の変化率を模擬(シミュレート)するものであり、正規乱数ベクトル $e'$ の要素 $e'_{n+1} \sim e'_{n+m}$ はそれぞれ、m個の信用リスクファクター $x_{b1} \sim x_{bm}$ の変化率を模擬するものである。

【0073】相関乱数ベクトル算出部22によって相関構造を有する正規乱数ベクトル $e'$ が算出されると、リスクファクター変化量ベクトル算出部28により、相関乱数ベクトル算出部22によって算出された相関構造を有する正規乱数ベクトル $e'$ と、ドリフト率ベクトル算出部24によって算出されたドリフト率ベクトル $\mu$ と、ボラティリティベクトル算出部26によって算出されたボラティリティベクトル $\sigma$ とに基づいて、複数のリスク

ファクターそれぞれの変化量を示すリスクファクター変化量ベクトルが算出される(S24)。より詳細には、まず、格納部12に格納された市場リスクファクターデータベース44と信用リスクファクターデータベース42とが参照され、n個の市場リスクファクター $x_{a1} \sim x_{an}$ それぞれの時刻tにおける値(現在値)である $x_{a1}(t) \sim x_{an}(t)$ とm個の信用リスクファクター $x_{b1} \sim x_{bm}$ それぞれの時刻tにおける値(現在値)である $x_{b1}(t) \sim x_{bm}(t)$ とを配列したリスクファクター現在値ベクトル $x(t)$ が算出される。当該リスクファクター現在値ベクトル $x(t)$ は、式(9)に示すように、n+m個の要素を有する列ベクトルとなる。

【0074】続いて、上記正規乱数ベクトル $e'$ 、ドリフト率ベクトル $\mu$ 、ボラティリティベクトル $\sigma$ 、リスクファクター現在値ベクトル $x(t)$ 、及び、単位時間dtが用いられ、上記式(10)により、リスクファクター変化量ベクトル $dx(t)$ が算出される。リスクファクター変化量ベクトル $dx(t)$ は、時刻t $\sim$ t+dtの間におけるn個の市場リスクファクター $x_{a1} \sim x_{an}$ それぞれの変化量 $dx_{a1}(t) \sim dx_{an}(t)$ と、時刻t $\sim$ t+dtの間におけるm個の信用リスクファクター $x_{b1} \sim x_{bm}$ それぞれの変化量 $dx_{b1}(t) \sim dx_{bm}(t)$ とを配列した構成となっており、上記式(10)に示すように、n+m個の要素を有する列ベクトルとなる。ここで、Mは、上記式(11)に示すように、ドリフト率ベクトル $\mu$ の要素 $\mu_{a1} \sim \mu_{an}$ と $\mu_{b1} \sim \mu_{bm}$ とのそれぞれを対角成分に有するn+m行n+m列の対角行列である。また、 $\Sigma$ は、式(12)に示すように、ボラティリティベクトル $\sigma$ の要素 $\sigma_{a1} \sim \sigma_{an}$ と $\sigma_{b1} \sim \sigma_{bm}$ とのそれぞれを対角成分に有するn+m行n+m列の対角行列である。また、Eは、式(13)に示すように、相関構造を有する正規乱数ベクトル $e'$ の要素 $e'_1 \sim e'_{n+m}$ それぞれを対角成分に有するn+m行n+m列の対角行列である。

【0075】リスクファクター変化量ベクトル算出部28によってリスクファクター変化量ベクトル $dx(t)$ が算出されると、シナリオ生成部30により、リスクファクター変化量ベクトル算出部28によって算出されたリスクファクター現在値ベクトル $x(t)$ とリスクファクター変化量ベクトル $dx(t)$ とが用いられ、リスクファクター将来値ベクトル $x(t+dt)$ が算出される。ここで、当該リスクファクター将来値ベクトル $x(t+dt)$ が、単位時間dt経過後の複数のリスクファクターそれぞれの値を模擬するシナリオとなる(S26)。より具体的には、シナリオ生成部30により、上記式(14)に基づいて、n個の市場リスクファクター $x_{a1} \sim x_{an}$ それぞれの時刻t+dtにおける値(将来値)である $x_{a1}(t+dt) \sim x_{an}(t+dt)$ とm個の信用リスクファクター $x_{b1} \sim x_{bm}$ それぞれの時刻t+dtにおける値(将来値)である $x_{b1}(t+dt) \sim x$

$b_a(t+dt)$ とを配列したリスクファクター将来値ベクトル $x(t+dt)$ が算出される。当該リスクファクター将来値ベクトル $x(t+dt)$ は、上記式(14)に示すように、 $n+m$ 個の要素を有する列ベクトルとなる。

【0076】シナリオ生成部30によってシナリオが生成されると、すなわち、リスクファクター将来値ベクトル $x(t+dt)$ が算出されると、倒産判定部32により、シナリオ生成部30によって算出されたリスクファクター将来値ベクトル $x(t+dt)$ に基づいて、取引相手の倒産判定が行われる(S28)。より詳細には、倒産判定部32により、取引相手の倒産確率を表している $m$ 個の信用リスクファクター $x_{b1} \sim x_{bm}$ それぞれの時刻 $t+dt$ における値(将来値)である $x_{b1}(t+dt) \sim x_{bm}(t+dt)$ それぞれと予め定められた一定のしきい値(例えば0.7)とが比較され、倒産確率が上記一定のしきい値を越える取引相手は倒産するものと判定される。

【0077】倒産判定部32による倒産判定が行われると、続いて、ポートフォリオバリュエーション算出部34により、シナリオ生成部30によって生成されたシナリオ、すなわち、シナリオ生成部30によって算出されたリスクファクター将来値ベクトル $x(t+dt)$ と格納部12に格納されたキャッシュフローデータベース46に含まれるキャッシュフローに関する情報とに基づいて、単位時間 $dt$ 経過後の資産価値を模擬する模擬資産価値が算出される(S30)。ここで、倒産判定部32によって倒産すると判定された取引相手との間の取引に基づく模擬資産価値の算出に際しては、キャッシュフローデータベース46に含まれるキャッシュフローに関する情報のうち、倒産時におけるキャッシュフローに関する情報が用いられ、当該取引相手との間の取引に基づく模擬資産価値が算出される。一方、倒産判定部32によって倒産すると判定されなかった取引相手との間の取引に基づく模擬資産価値の算出に際しては、キャッシュフローデータベース46に含まれるキャッシュフローに関する情報のうち、非倒産時におけるキャッシュフローに関する情報が用いられ、当該取引相手との間の取引に基づく模擬資産価値が算出される。さらに、ポートフォリオバリュエーション算出部34により、現在の資産価値も算出される。かかる現在の資産価値は、リスクファクター現在値ベクトル $x(t)$ とキャッシュフローデータベース46に含まれるキャッシュフローに関する情報とに基づいて算出される。

【0078】上記標準正規乱数ベクトルの生成(S20)から模擬資産価値の算出(S30)までは、必要回数(例えば100万回)だけ繰り返される(S32)。かかる必要回数は、算出されるVaRの信頼性や当該リスク算出システム10の計算速度等を考慮して、適宜定められる。

【0079】上記標準正規乱数ベクトルの生成(S20)から模擬資産価値の算出(S30)までが必要回数だけ繰り返され、必要回数(例えば100万回)の模擬資産価値が算出されると、VaR算出部36により、ポートフォリオバリュエーション算出部34によって算出された模擬資産価値と現在の資産価値とに基づいて、資産価値の変動のリスクを表すVaRが算出される(S34)。より詳細には、上記必要回数(例えば100万回)の模擬資産価値(正確には、現在価値に換算したもの)それぞれと現在の資産価値との差が算出され、VaRが算出される。

【0080】続いて、本実施形態にかかるリスク算出システム作用及び効果について説明する。本実施形態にかかるリスク算出システム10は、市場リスクファクターと信用リスクファクターとの双方を含む複数のリスクファクターそれぞれの値の推移に基づいて相関行列 $C'$ を生成することで、当該相関行列 $C'$ に市場リスクファクターと信用リスクファクターとの相関に関する情報をも含ませることができる。また、本実施形態にかかるリスク算出システム10は、当該相関行列 $C'$ に基づいてシナリオを生成する(リスクファクター将来値ベクトル $x(t+dt)$ を算出する)ことで、市場リスクファクターと信用リスクファクターとの相関を反映させたシナリオを生成することができる。また、本実施形態にかかるリスク算出システム10は、当該シナリオに基づいて算出された模擬資産価値と現在の資産価値とに基づいて資産価値の変動のリスクであるVaRを算出することで、市場リスクファクターと信用リスクファクターとの相関を考慮した統合リスクを算出することができる。その結果、本実施形態にかかるリスク算出システム10は、信頼性の高い統合リスクを算出することが可能となる。

【0081】また、本実施形態にかかるリスク算出システム10は、倒産確率が一定のしきい値を越える取引相手に関して、当該取引相手が倒産した場合のキャッシュフローに関する情報を用いて当該取引相手との間の取引に基づく模擬資産価値を算出することで、模擬資産価値の算出に当該取引相手が倒産した場合のキャッシュフローを反映させることができる。その結果、本実施形態にかかるリスク算出システム10は、さらに信頼性の高い統合リスクを算出することが可能となる。

【0082】

【発明の効果】本発明のリスク算出システム及びリスク算出方法は、市場リスクファクターと信用リスクファクターとの双方を含む複数のリスクファクターそれぞれの値の推移に基づいて相関情報を生成することで、当該相関情報に市場リスクファクターと信用リスクファクターとの相関に関する情報をも含ませることができる。また、本発明のリスク算出システム及びリスク算出方法は、当該相関情報に基づいてシナリオを生成することで、市場リスクファクターと信用リスクファクターとの

相関を反映させたシナリオを生成することができる。また、本発明のリスク算出システム及びリスク算出方法は、当該シナリオに基づいて算出された模擬資産価値と現在の資産価値とに基づいて資産価値の変動のリスクを算出することで、市場リスクファクターと信用リスクファクターとの相関を考慮した統合リスクを算出することができる。その結果、本発明のリスク算出システム及びリスク算出方法は、信頼性の高い統合リスクを算出することが可能となる。

【0083】また、本発明のリスク算出システム及びリスク算出方法においては、倒産確率が一定のしきい値を越える取引相手に関して、当該取引相手が倒産した場合のキャッシュフローに関する情報を用いて当該取引相手との間の取引に基づく模擬資産価値を算出することで、模擬資産価値の算出に当該取引相手が倒産した場合のキャッシュフローを反映させることができる。その結果、本発明のリスク算出システム及びリスク算出方法は、さらに信頼性の高い統合リスクを算出することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】リスク算出システムの構成図である。

【図2】取引相手株価データベースの構成図である。

【図3】取引相手財務データベースの構成図である。

【図4】信用リスクファクターデータベースの構成図である。

【図5】市場リスクファクターデータベースの構成図である。

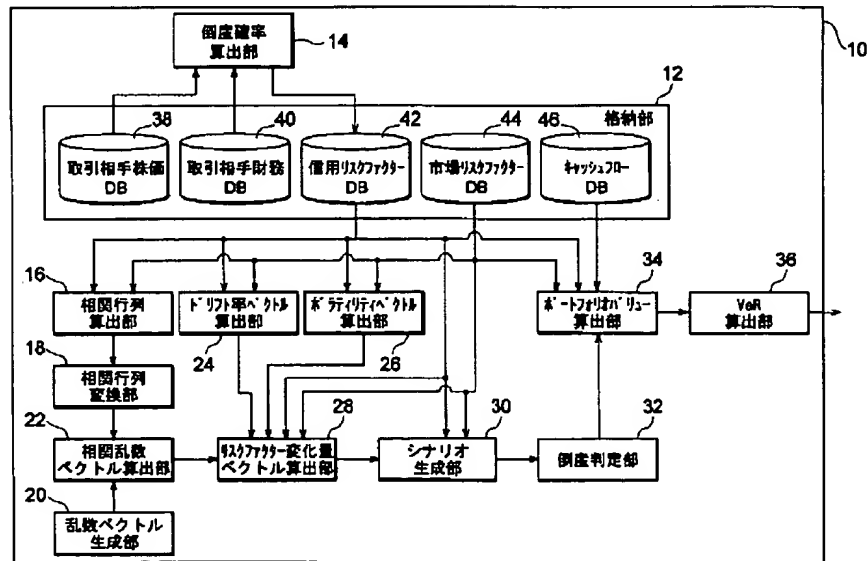
【図6】キャッシュフローデータベースの構成図である。

【図7】リスク算出システムの動作を示すフローチャートである。

【符号の説明】

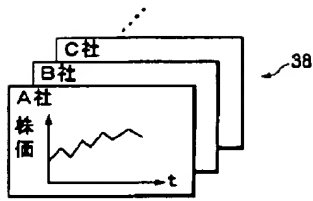
10…リスク算出システム、12…格納部、14…倒産確率算出部、16…相関行列算出部、18…相関行列変換部、20…乱数ベクトル生成部、22…相関乱数ベクトル算出部、24…ドリフト率ベクトル算出部、26…ボラティリティベクトル算出部、28…リスクファクター変化量ベクトル算出部、30…シナリオ生成部、32…倒産判定部、34…ポートフォリオバリュー算出部、36…VaR算出部、38…取引相手株価データベース、40…取引相手財務データベース、42…信用リスクファクターデータベース、44…市場リスクファクターデータベース、46…キャッシュフローデータベース、48…格納部

【図1】

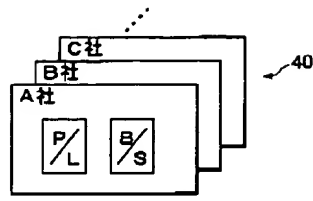




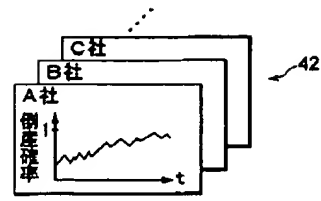
【図2】



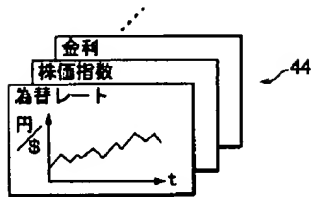
【図3】



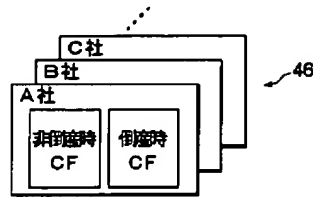
【図4】



【図5】



【図6】



【図7】

